PeAPA | Publicación Electrónica
ASOCIACIÓN PALEONTOLÓGICA ARGENTINA

www.peapaleontologica.org.ar

Registro paleobotánico del Plio–Pleistoceno Inferior en el Valle del río Uruguay. Caracterización fitolítica de la Formación San Salvador, este de la provincia de Entre Ríos, Argentina

SEBASTIÁN ARIEL FREZZIA[1,2]
NOELIA ISABEL PATTERER[1,2]
ALEJANDRO FABIÁN ZUCOL[1,2]

1. Laboratorio de Paleobotánica, Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción CICYTTP (CONICET/Prov. de E.R./UADER). España 149, E3105BWA Diamante, Entre Ríos, Argentina.
2. Facultad de Ciencia y Tecnología - Universidad Autónoma de Entre Ríos (FCyT-UADER). Ruta Provincial N°11. Km 10,5, E3100 Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.

Recibido: 4 de enero 2021 - **Aceptado:** 29 de junio 2021 - **Publicado:** 8 de septiembre 2021

Para citar este artículo: Sebastián Ariel Frezzia, Noelia Isabel Patterer y Alejandro Fabián Zucol (2021). Registro paleobotánico del Plio–Pleistoceno Inferior en el Valle del río Uruguay. Caracterización fitolítica de la Formación San Salvador, este de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina 21*(2), 16–33.

Link a este artículo: http://dx.doi.org/PEAPA.29.06.2021.383



ISSN 2469-0228

Asociación Paleontológica Argentina
Maipú 645 1° piso, C1006ACG, Buenos Aires
República Argentina
Tel/Fax (54-11) 4326-7563
Web: www.apaleontologica.org.ar













REGISTRO PALEOBOTÁNICO DEL PLIO–PLEISTOCENO INFERIOR EN EL VALLE DEL RÍO URUGUAY. CARACTERIZACIÓN FITOLÍTICA DE LA FORMACIÓN SAN SALVADOR, ESTE DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS, ARGENTINA

SEBASTIÁN ARIEL FREZZIA[1,2], NOELIA ISABEL PATTERER[1,2] y ALEJANDRO FABIÁN ZUCOL[1,2]

[1]Laboratorio de Paleobotánica, Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción CICYTTP (CONICET/Prov. de E.R./UADER). España 149, E3105BWA Diamante, Entre Ríos, Argentina.

[2]Facultad de Ciencia y Tecnología - Universidad Autónoma de Entre Ríos (FCyT-UADER). Ruta Provincial N°11. Km 10,5, E3100 Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.

sfrezzia@gmail.com; *noeliapatterer@gmail.com*; *cidzucol@gmail.com*

 **SAF:** https://orcid.org/0000-0002-4987-7597; **NIP:** https://orcid.org/0000-0001-8405-8557; **AFZ:** https://orcid.org/0000-0001-5480-3456

Resumen. La Formación San Salvador es uno de los pocos depósitos del Plioceno–Pleistoceno Inferior en el este de la provincia de Entre Ríos, que desde el punto de vista paleontológico ha sido descripta mediante su contenido fitolítico exclusivamente. La presente contribución comprende la síntesis y ampliación de estos conocimientos mediante la incorporación de los resultados del estudio fitolítico del perfil José Etchepare Hijo (Departamento Colón, Entre Ríos) a los ya descriptos. Para ello se ha utilizado una metodología ad-hoc, adaptada para la obtención de fitolitos en depósitos fluviales. Las secuencias sedimentarias se caracterizaron por presentar una sucesión de estratos de conglomerados matriz soportados, facies arenosas finas a gruesas y facies finas (representadas por arcillas y limos). Los resultados permitieron observar mayor abundancia de fitolitos y diversidad en estratos de textura arenosa; y proporcionalmente más escasos y hasta ausentes en los estratos de textura gravosa principalmente. Los fitolitos no diagnósticos de gramíneas fueron comunes en el total de las muestras con microrestos, mientras que entre los de menor tamaño y diagnósticos su presencia se manifestó solo en ciertos sectores de los perfiles. Las asociaciones fitolíticas se conformaron por elementos de las familias Arecaceae, Poaceae (Bambusoideae, Panicoideae, Danthonioideae, Chloridoideae y Pooideae) y Podostemaceae; y han permitido inferir el desarrollo de paleocomunidades de bosques higrófilos estratificados, palmares y bosques en galería, que indican un clima tropical-subtropical húmedo, con gran disponibilidad hídrica.

Palabras clave. Fitolitos. Formación San Salvador. Valle del río Uruguay. Plio–Pleistoceno Inferior.

Abstract. PLIO–LOWER PLEISTOCENE PALAEOBOTANICAL RECORD IN THE URUGUAY RIVER VALLEY. SAN SALVADOR FORMATION, (EAST OF ENTRE RÍOS PROVINCE, ARGENTINA) PHYTOLITH CHARACTERIZATION. The San Salvador Formation is one of the few deposits from the Pliocene–Lower Pleistocene in the east of Entre Ríos Province, which from a palaeontological point of view has been described exclusively through its phytolith content. This contribution includes the synthesis and expansion of this knowledge through the results of the phytolith study of the José Etchepare Hijo profile (Colón Department, Entre Ríos). For this, an ad-hoc methodology has been used, adapted to obtain phytoliths in fluvial deposits. The sedimentary sequences were characterized by a succession of conglomerate supported matrix strata, fine to coarse sandy facies and fine facies (represented by clays and silts). The results allowed to observe a greater abundance and variability of phytoliths in layers with sandy texture; and proportionally more scarce and even absent in the gravel texture layers. Non-diagnostic grass phytoliths were common in all the samples with microremain materials, while among those of smaller size and diagnostic ones, their presence was manifested only in certain sectors of the profile. The phytolith assemblages were made up of elements from the Arecaceae, Poaceae (Bambusoideae, Panicoideae, Danthonioideae, Chloridoideae and Pooideae), and Podostemaceae families; and they have allowed inferring palaeocommunities of stratified hygrophilous forests, palm groves and riparian forests, which indicate a humid tropical-subtropical climate, with great water availability.

Key words. Phytoliths. San Salvador Formation. Uruguay river valley. Plio–Lower Pleistocene.

Geomorfológicamente, el río Uruguay comienza a tomar su identidad fluvial durante el Plioceno con la formación de grandes meandros en su tramo superior actual sobre los basaltos del Cretácico Superior (Iriondo, 1996), manifestando ya para el Pleistoceno Inferior condiciones y procesos claramente diferentes de los actuales, tanto desde el punto de vista sedimentario como geomorfológico (Iriondo y Kröhling, 2008). En la cuenca del río Uruguay y principalmente para el

este de la provincia de Entre Ríos, se han descripto dos formaciones cuaternarias fluviales de similares características, la Formación San Salvador del Plioceno–Pleistoceno Inferior (Iriondo y Kröhling, 2007, 2008; Brunetto *et al.*, 2019) y la Formación El Palmar del Pleistoceno Medio–Superior (Iriondo, 1980; Iriondo y Kröhling, 2008; Ramos *et al.*, 2017a). El registro sedimentario del Plioceno del Noreste Argentino (NEA) en superficie, puede ser referido a la Formación Puerto General Alvear (Iriondo, 1980), sobre una faja de unos 10 a 30 km a lo largo de toda la margen este del río Paraná, y a la Formación San Salvador, de 50 a 100 km de ancho y unos 300 km de longitud, ubicada a la margen derecha del río Uruguay. Ambas unidades están cubiertas por la Formación Hernandarias de edad estimada Pleistoceno Inferior, según datos de polaridad magnética (Iriondo *et al.*, 2000; Kröhling, 2001; Iriondo y Kröhling, 2008). La Formación Hernandarias constituye un acuícludo de gran extensión en Entre Ríos, fue definida por Iriondo (1980) y representa un antiguo barreal depositado por el río Uruguay, durante un período muy seco del Pleistoceno Inferior, con aportes eólicos menores.

Ehrenberg (1854) define a un biolito como todo cuerpo mineralizado integrante de tejidos orgánicos producidos por sustancias ergásticas. Según el agente mineralizante se pueden distinguir, los calcibiolitos, cuyo agente es una sustancia cálcica y los silicobiolitos formados por sílice amorfa. Ambos pueden ser de origen animal, calcizoolitos o silicozoolitos, o de origen vegetal, calcifitolitos o silicofitolitos (Bertoldi de Pomar, 1975; Zucol, 1992). En el presente trabajo se estudiarán silicofitolitos, los cuales se definen como partículas microscópicas de sílice amorfo hidratado que se depositan en espacios intracelulares y/o intercelulares de tejidos vegetales (Piperno, 1988; Piperno y Pearsall, 1998), donde forman sílice fitogénico (Kaczorek *et al.*, 2019). Como consecuencia de sus características intrínsecas de producción relacionada con condiciones ambientales y fisiológicas, resistencia a la desecación, etc., pueden resultar buenos indicadores de cobertura vegetal antigua y condiciones ambientales (Blinnikov *et al.*, 2002; Delhon *et al.*, 2003; Strömberg, 2004; Iriarte, 2006). Una vez que la planta muere y la materia orgánica se descompone, los fitolitos formados en los diferentes tejidos son acumulados en suelos y sedimentos por cientos a miles de años (Meunier *et al.*, 1999; Parr y Sullivan, 2005; Blecker *et al.*, 2006).

Los conocimientos paleobotánicos del Cenozoico tardío de Entre Ríos abarcan estudios de maderas fósiles y fitolitos de la región litoral Argentina, en diversas localidades y diferentes unidades formacionales; los cuales se han realizado en sedimentos desde el Mioceno tardío hasta el Holoceno, con contribuciones en la cuenca del río Paraná para el Mioceno tardío (Formación Paraná; Zucol y Brea, 2000; Brea *et al.*, 2001, 2012; Franco y Brea, 2008), el Mioceno–Pleistoceno (Formación Ituzaingó; Brea y Zucol, 2007; Franco, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2017; Franco y Brea, 2010, 2013, 2015; Brea *et al.*, 2013; Franco *et al.*, 2019) y el Pleistoceno Tardío (Formación Salto Ander Egg; Patterer, 2017). Mientras que para la cuenca del río Gualeguay, el Pleistoceno Superior ha sido estudiado en la Formación Arroyo Feliciano (Moya y Brea, 2015, 2018; Moya *et al.*, 2015; Zucol *et al.*, 2016) y en la del río Uruguay los registros abarcan el Plioceno–Pleistoceno Inferior (con la Formación San Salvador; Patterer *et al.*, 2012; Patterer, 2015), el Pleistoceno Tardío (Formación El Palmar; Brea, 1998, 1999; Zucol *et al.*, 2005; Brea *et al.*, 2010; Brea y Zucol, 2011; Patterer, 2012; Patterer *et al.*, 2012, 2014, 2020; Ramos *et al.*, 2012, 2014, 2015, 2017a, 2017b; Ramos, 2014) y las terrazas holocenas del río Uruguay (Patterer *et al.*, 2017, 2019).

Para la Formación San Salvador en particular, los conocimientos paleobotánicos se fundamentan exclusivamente en asociaciones fitolíticas de perfiles expuestos en dos canteras en las cercanías de las ciudades de Concordia y Colón (Patterer, 2015). En la actualidad también cuenta con leños fósiles hallados recientemente, que se encuentran en estudio por investigadoras del Laboratorio de Paleobotánica del Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Gobierno de la Provincia de Entre Ríos – Universidad Autónoma de Entre Ríos (CICYTTP – CONICET – UADER). Patterer (2015) define las primeras asociaciones fitolíticas con la presencia de las familias Arecaceae, Poaceae (subfamilias: Bambusoideae, Panicoideae, Danthonioideae y Pooideae) y Podostemaceae, para la Formación San Salvador. A partir de estos estudios también infiere que la unidad estaba integrada por bosques higrófilos, palmares y bosques en galería, que permitieron caracterizar un clima

tropical-subtropical húmedo con abundante disponibilidad hídrica. Estas asociaciones vegetales debieron desarrollarse en las proximidades de cuerpos de aguas con rápidos o saltos, en ambientes húmedos con la presencia de plantas acuáticas.

La presente contribución tiene como objetivo ampliar el registro fitolítico en la Formación San Salvador mediante los resultados del estudio del perfil José Etchepare Hijo (Departamento Colón, Entre Ríos). Con la finalidad de evaluar estos resultados, se realizaron análisis comparativos entre las asociaciones fitolíticas del perfil en estudio con las encontradas en secuencias sedimentarias ya descritas en los perfiles Salvia y Concordia.

MARCO GEOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO

La Formación San Salvador es una unidad que está distribuida en el subsuelo de la Cuenca del río Uruguay al este de la provincia de Entre Ríos (Fig. 1) y corresponde a un depósito fluvial de arenas de cauce y de llanuras de inundación que representaría un antiguo paleocauce meándrico, probablemente originado por la unión de los proto-ríos Paraná y Uruguay durante el Plio–Pleistoceno Inferior (Iriondo y Kröhling, 2007, 2008). Estos autores con registros a partir de muestreos en canteras en su área típica en la región del Departamento de San Salvador, e interpretado mediante imágenes satelitales, concluyen que se habría depositado en un cauce meándrico único de grandes dimensiones (*sensu* Iriondo y Kröhling, 2007, 2008).

El perfil tipo del cauce enterrado está formado de abajo hacia arriba por: a) depósito de arenas gruesas y cantos rodados correspondiente a facies de cauce, con un espesor que oscila entre 10 a 30 m. La arena es cuarzosa, mediana a gruesa, reciclada de arenisca mesozoicas, los cantos rodados son mayoritariamente calcedonias, con escasos

Figura 1.1, Mapa de ubicación de los perfiles sedimentológicos Concordia (**1**), Salvia (**2**) y José Etchepare Hijo (**3**), área en gris, distribución de la Formación San Salvador (modificada de Ferrero *et al.*, 2019). **2,** Área de estudio y ubicación de los perfiles sedimentológicos.

clastos de basalto y arenisca; b) un depósito compuesto por arenas arcillosas, interpretado como relleno de cauce abandonado, de 2 a 6 m de potencia; c) un depósito formado por arcilla gris, en facies de pantano, de 4 a 8 m de espesor. La Formación San Salvador constituye el mayor acuífero de la provincia de Entre Ríos (Iriondo y Kröhling, 2008). La unidad se encuentra cubierta por 15 a 30 m de arcillas grises de la Formación Hernandarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El levantamiento estratigráfico, la caracterización sedimentológica primaria y el muestreo del perfil sedimentológico se realizó en Cantera La Chola, Departamento Colón, Entre Ríos, el mismo se denominó José Etchepare Hijo (31° 59′ 45,5″ S y 58° 11′ 41,8″ O; Fig. 2.1). Para la toma de muestras del perfil se tuvieron en cuenta la geometría, tipo de contactos, estructuras y texturas sedimentarias; obteniéndose 12 muestras correspondientes a estratos arenosos finos a gruesos y una sucesión de estratos conglomerados con matriz arenosa, bajo las normas básicas de trabajo a campo para evitar la contaminación del material (Fig. 2.2). Una vez embolsadas y rotuladas las muestras fueron incorporadas y archivadas en la colección de referencia de material sedimentario del laboratorio de Paleobotánica bajo el acrónimo CIDPALBO-MS (CICYTTP-CONICET-UADER), Diamante, Entre Ríos (Zucol *et al.*, 2014), asignándole los números de identificación desde la muestra 4370 a la 4381. Para la obtención de fitolitos se utilizó la metodología de procesamiento convencional (Zucol *et al.*, 2010), ajustando la misma a materiales de origen fluvial (Patterer, 2012; Patterer *et al.*, 2016).

Las muestras fueron primeramente secadas con estufa a 60 °C y trituradas mediante el uso de mortero hasta que el sedimento traspase un tamiz número 18 (Malla 1000 μm), el material resultante se pesó y se colocó en alícuotas de 20 a 30 g, para aquellas con mayor porcentaje de tamaño como grano grueso de arena, se tomaron 100 g de alícuota. Los tratamientos preliminares se basaron en limpieza, desagregación física y tratamiento químico de la muestra, primeramente, mediante la eliminación de sales, carbonatos y materia orgánica utilizando diferentes agentes químicos. Posteriormente, con la muestra límpida se realizó la separación granométrica donde se obtuvo una fracción fina (menor a 53 μm de diámetro de partícula), una fracción mediana (entre 53 y 250 μm de diámetro de partícula), y por último la fracción gruesa (mayor a 250 μm de diámetro de partícula). Esta última, se obtuvo mediante un tamiz número 60 (de malla con apertura 250 μm), para fracciones



Figura 2. Vista de la Formación San Salvador. **1,** Formación San Salvador en cantera La Chola. **2,** Detalle de muestreo realizado en Perfil José Etchepare Hijo. **3,** Detalle de estrato arenoso con laminación cruzada. **4,** Detalle de estratos clasto matriz soportado. Escala gráfica en 1 y 2= 1 m; en 3 y 4= 0,6 m.

medianas un tamiz número 270 (de malla con apertura 53 μm), quedando la fracción fina al fondo de los tamices. Por último, se realizó la separación densimétrica sobre la fracción fina (menores a 53 μm) por un lado y la fracción media (53–250 μm) por otro, con utilización de una solución acuosa de politungstato de sodio como líquido pesado con una densidad ajustada a 2,345 g/cm^3. Cada muestra sedimentaria procesada fue finalmente dividida en dos fracciones, fina y gruesa, el material resultante fue montado y fijado en medio líquido para observación directa y en preparados fijos con Bálsamo de Canadá, para su posterior observación microscópica con el uso de microscopio óptico Nikon Eclipse E200 y fueron fotografiadas mediante una cámara Nikon Coolpix S4.

El siguiente paso, consistió en cuantificar los fitolitos colocando los datos en planillas de conteo, con las muestras relevadas y las planillas completas se procedió a un análisis de la información expresado en valores de abundancia relativas, considerando una escala que abarca desde la ausencia de los fitolitos de una determinada clase morfológica, a su presencia en forma rara, escasa, frecuente o muy frecuente. La ausencia se representa por el 0% de frecuencia relativa, el valor máximo de la escala (D) es igual al valor de clase morfológica que posee la mayor frecuencia relativa. Los morfotipos contabilizados como raros son aquellos que poseen valores de frecuencia relativa superiores al 0% y que no superan el límite A, siendo A= 0,1 x D. Por su parte, los morfotipos escasos fueron considerados a partir de valores de frecuencia relativa iguales o superiores al valor A y que no superan el límite B, siendo B= 0,3 x D. Los fitolitos frecuentes se han establecido a partir de valores de frecuencia relativa iguales o superiores a B, y que no superan el límite de C, siendo C= 0,6 x D. Por último, los elementos que poseen frecuencias relativas entre C y D se han considerado como muy frecuentes (Zucol, 1996). En la definición de las asociaciones fitolíticas se hizo hincapié en aquellos morfotipos que se observaron de manera frecuente y muy frecuente en las muestras. La ilustración y presentación en forma comparativa de las frecuencias relativas de cada morfotipo fitolítico se realizó mediante el programa Polish Palynological (PolPal) Numerical Analysis (Walanus y Nalepka, 2000; Nalepka y Walanus, 2003). Mientras que para los análisis comparativos de estos resultados con las asociaciones fitolíticas estudiadas por Patterer (2015), se estableció una Matriz Básica de Datos (MBD) que sirvió para sus análisis estadísticos multivariados mediante el programa PAST, PAleontological STatistics (Hammer *et al.*, 2007), aplicándose análisis discriminante, escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de las abundancias fitolíticas y análisis de correspondencia (AC).

Tipos de morfotipos fitolíticos: clasificación

Los fitolitos fueron identificados y clasificados aplicando las normativas y descriptores propuestos por ICPN 2.0 (Neumann *et al.*, 2019) y utilizando la clasificación mediante acrónimos (Tab. 1) de Patterer *et al.* (2011), basada en las propuestas de Twiss *et al.* (1969), Bertoldi de Pomar (1971), Mulholland (1989), Twiss (1992), Kondo *et al.* (1994), Fredlund y Tieszen (1994) y Zucol (1996), siguiendo las normas de nomenclatura de ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005) y el ICPN 2.0 (Neumann *et al.*, 2019). Los nombres de cada tipo fitolítico se detallan en Versalitas junto a los acrónimos (sensu Neumann *et al.*, 2019).

En el presente trabajo se hallaron numerosos morfotipos originados en células epidérmicas graminoides, en especial resultó notoria la variedad de los provenientes de células buliformes, tanto los de forma de abanico o flabelos (Twiss *et al.*, 1969; Kondo *et al.*, 1994), (BULLIFORM FLABELLATE, acrónimo Fl), como así también, los de forma poliédrica, tanto los de mayor tamaño (BLOCKY, acrónimo Sx) como los más pequeños (BLOCKY, acrónimo Mx), los cuales en su conjunto poseen afinidad con la familia Poaceae. Por otra parte también, resultaron variables los fitolitos originados en células largas epidérmicas, muchas de las cuales poseen una marcada afinidad graminoide (ELONGATE, acrónimo Mp).

En cuanto a morfotipos de origen epidérmico con mayor valor diagnóstico resultaron frecuentes los fitolitos bilobados (BILOBATE, acrónimo Ha), mayormente pertenecientes a gramíneas panicoides (Twiss *et al.*, 1969; Mulholland, 1989; Fredlund y Tieszen, 1994; Kondo *et al.*, 1994), si bien algunos han sido descriptos también para bambusoideas, arundinoideas y algunas hierbas chloridoideas (Twiss, 1992).

Los fitolitos en forma de sillas de montar (SADDLE, acrónimo Sm), en su mayoría son producidos por gramíneas chloridoides (Twiss *et al.*, 1969; Mulholland, 1989; Fredlund

TABLA 1 – Morfotipos fitolíticos utilizados en este trabajo: (a) Patterer *et al.* (2011); (b) Bertoldi de Pomar (1971); (c) Neumann *et al.* (2019)

Acrónimo [a]	Breve descripción	Grupo [b]	Denominación propuesta por ICPN [c]
Mp	Elementos prismáticos, elongados, de contorno levemente ensanchado, liso y/o festoneado	Elongado	ELONGATE
Np	Elongados ramificados	Elongado	ELONGATE
Br	Elementos prismáticos, elongados, de bordes lisos, cuyo largo nunca supera los 30 µm	Prismáticos cortos	ELONGATE
Mc	Elementos cavados.	Cavados	CAVATE
Ac	Elementos aguzados con base, a veces en forma de gancho y barbas aciculares,antrosas, retrosas y/o cortas	Aguzados	ACUTE BULBOSUS
Fl	Elementos en forma de abanico	Flabelos	BULLIFORM FLABELLATE
Sx	Elementos poliédricos grandes	Poliédricos	BLOCKY
Mx	Elementos poliédricos pequeños	Poliédricos	BLOCKY
Du	Elemento cilíndrico originado a partir de componentes del tejido de conducción	Elementos de conducción	TRACHEIDS
Ha	Elementos originados a partir de células cortas en forma de halterios	Bilobados	BILOBATE
Ph	Elemento halteriforme plurilobado	Polilobados	POLYLOBATE
Ch	Elementos originados a partir de células cortas, formados por cuatro lóbulos	Cruces	CROSS
Sm	Elemento en forma de silla de montar	En forma de silla de montar	SADDLE
Gl	Elementos globulares esféricos o elipsoidales de superficie lisa o espinosa	Globular de superficie espinosa Globular de superficie rugosa Globular de superficie lisa	SPHEROID ECHINATE SPHEROID ORNATE SPHEROID PSILATE
Ct	Elementos originados a partir de células cortas en forma de cono truncado	En forma de cono truncado	RONDELL
Ln	Elementos de cuerpo claviforme	Elongados irregulares	s.e
Lb	Elementos lobulares	Lobular	LOBULAR
Sc	Elemento en forma de bote	En forma de bote	CRENATE (TRAPEZIFORM POLYLOBATE)
Ba	Elementos bacilariformes menores a 40 µm de largo, con cuerpo en forma de clava	Bacilares	BACILLAR

Abreviatura: **s.e,** sin equivalencia

y Tieszen, 1994; Kondo *et al.*, 1994). No obstante, dentro de este grupo se encuentran los fitolitos denominados sillas de montar colapsadas (SADDLE, acrónimo Sm06), los cuales han sido registrados principalmente en gramíneas bambusoideas (Kondo *et al.*, 1994; Lu *et al.*, 1995; Piperno y Pearsall, 1998; Lu y Liu, 2003; Strömberg, 2004; Iriarte y Paz, 2009; Montti *et al.*, 2009). Entre los morfotipos considerados RONDELL se encuentran las formas en conos truncados y torres (acrónimo Ct) y redondeados (*sensu* Mulholland, 1989) que son producidos por gramíneas arundinoides/danthonioides (Kondo *et al.*, 1994; Carter, 2002) y gramíneas pooides (Twiss *et al.*, 1969).

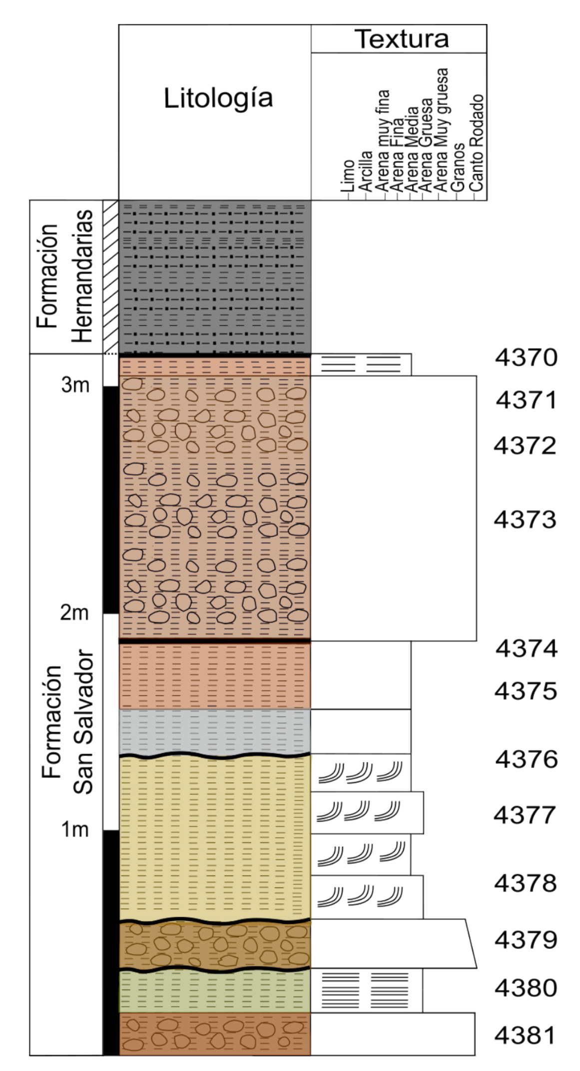
Las asociaciones fitolíticas descriptas presentan también morfotipos globulares espinosos (SPHEROID ECHINATE,

acrónimo Gl04), los cuales son producidos por palmeras (Kondo *et al*., 1994; Runge, 1999; Patterer, 2014), y fitolitos globulares de superficie lisa o suavemente rugosa (SPHEROID ORNATE, acrónimos Gl03 y Gl05) afín a plantas dicotiledóneas principalmente leñosas o subleñosas (Piperno, 1988; Runge, 1999; Collura y Neumann, 2016). Fitolitos de contorno lobulados (LOBULAR, acrónimo Lb) originados en células epidérmicas de dicotiledóneas, y morfotipos irregulares (acrónimo Ln) corresponden a la acumulación de sílice en células subepidérmicas de plantas acuáticas de la familia Podostemaceae (Bertoldi de Pomar y Tur, 1970; Bertoldi de Pomar, 1971, 1972, 1975).

RESULTADOS

Descripción sedimentológica del perfil

El levantamiento estratigráfico se realizó en Cantera La Chola, ruta 14 (km 178) situada en el Departamento Colón, provincia de Entre Ríos; el perfil se denominó José Etchepare Hijo, y presentó una potencia de 3,1 m y en el mismo se estableció la toma de 12 muestras sedimentarias (Fig. 3). Litológicamente de abajo hacia arriba se observó un estrato de 20 cm de conglomerados matriz soportados de arena gruesa y cantos rodados de hasta 7 cm mal seleccionados. Por encima, un estrato de 20 cm de arenas medias a finas con laminación planar y color verde grisáceo. A continuación, un estrato de 24 cm de conglomerado matriz soportado de textura arenosa gruesa con cantos rodados de hasta 7 cm de largo en estructura grano decreciente. Suprayaciendo se observó un estrato de 76 cm de arenas muy gruesas a gruesas con laminación cruzada, de color pardo grisáceo a pardo amarillento oscuro, los cantos rodados son escasos y no llegan a medir más de 2 cm. Se continúa con un estrato de 20 cm de arenas medias grises sin laminación aparente y con escasos cantos rodados en matriz, de hasta 5 cm de diámetro. A continuación, un estrato de 30 cm de arenas gruesas verdes a pardo-rojizas masivas y con cantos rodados de hasta 3 cm. Hacia la parte superior se observó un estrato de 110 cm de conglomerados matriz soportados con cantos rodados de hasta 4 cm, mal seleccionados, en los 40 cm superiores del presente estrato se observó una lente de arenas de 3 cm de espesor con laminación horizontal y que pierde continuidad hacia los laterales. En el techo del perfil se observan 10 cm de arenas laminadas pardo grisáceas. Suprayacen a la Formación San Salvador en contacto erosivo, 200 cm aproximadamente de sedimentos pertenecientes a la Formación Hernandarias.



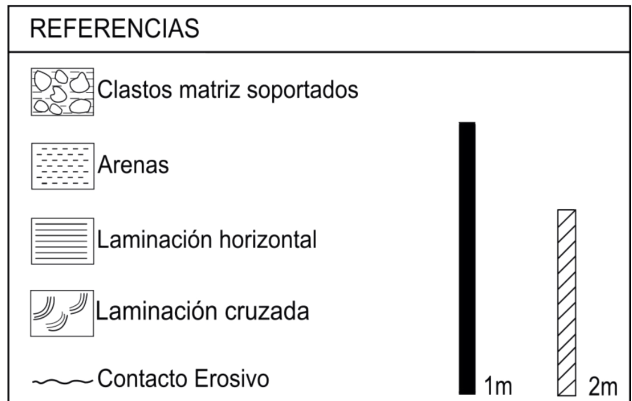


Figura 3. Perfil sedimentológico José Etchepare Hijo, características texturales, litológicas y ubicación de las muestras.

Descripción fitolítica del perfil José Etchepare Hijo

El perfil puede ser caracterizado de acuerdo a variaciones en la abundancia y diversidad de fitolitos, aquellos afines a gramíneas tales como: elongados (ELONGATE, Mp), flabeliformes (de pie corto y largo, como así también, secciones laterales rectas; Fig. 4.1–2), y elementos poliédricos (tabulares, equidimensionales y de sección laterales cóncavas; Fig. 4.6–8), originados en elementos buliformes, y la presencia de elementos aguzados (ACUTE BULBOSUS, Ac; Fig. 4.9) generado en aguijones epidérmicos tanto de cuerpo abultado como adelgazado y barba de dimensiones y orientación variable. Mientras que entre los fitolitos de mayor tamaño no graminoides, se destaca la presencia de morfotipos elongados de superficie cavada, como así también, elementos epidérmicos de dicotiledóneas con contornos festoneados a lobulados.

Por su parte, entre los fitolitos de menor tamaño, se han presentado con mayor frecuencia y en toda la secuencia, los elementos globulares de superficies lisa, granular o rugosa (Fig. 4.13–15), como así también, los morfotipos del tipo silla de montar colapsada (Fig. 4.16–19), que se encontraron frecuentemente en ciertos niveles, y que poseen afinidad bambusoide.

El análisis multivariado de las asociaciones fitolíticas mediante CONISS (Constrained Incremental Sum of Squares) ha permitido establecer tres secciones que de techo a base son: JEI (asociaciones fitolíticas de las muestras 4370–4374), JEII (asociaciones fitolíticas de las muestras 4375–4377), y JEIII (asociaciones fitolíticas de las muestras 4378–4381). La mayor diversidad de morfotipos se observó en la sección JEII y en la muestra arenosa de la JEI (4370) como puede observarse en el análisis de rarefacción (Fig. 5). La sección superior (JEI) se caracteriza por la gran cantidad de morfotipos poliédricos (Sx01, Sx02 y Mx03), elongados lisos y denticulados (Mp09 y Mp10), flabelos de afinidad graminoide (Fl02, Fl03, Fl04 y Fl05), y fitolitos globulares de superficie espinosa (Fig. 4.10–12; Gl02 y Gl04), y de superficie lisa, granular o rugosa (Gl03 y Gl05). La presencia de fitolitos elongados de superficie cavada (CAVATE, Mc01 y Mc04) resultó frecuente en toda esta sección. Mientras que entre los morfotipos diagnósticos graminoides la presencia de morfotipos bilobados, tanto de los tipos panicoides (Fig. 4.24–26; Ha01, Ha02, Ha07, Ha08, Ha10 y Ha11), como chloridoides (Fig. 4.23; Ha09) y morfotipos en forma de silla de montar, principalmente de los tipos chloridoides (Sm01 y Sm02) en la muestra 4370, como así también, polilobados (POLYLOBATE, Ph01 y Ph04) resultaron muy frecuentes.

Una característica distintiva de la sección superior está dada por un pico de diversidad de morfotipos en la muestra 4370, la misma se encontró en sedimentos arenosos lo cual podría estar indicando el motivo de esto, ya que las restantes muestras pertenecientes a la sección superior fueron tomadas de sedimentos gravosos, que evidenciaron una menor cantidad y diversidad de morfotipos. Es en esta muestra que pudo observarse la presencia de fitolitos irregulares de podostemáceaes (Fig. 4.3–5; Ln02 y Ln04), distintos tipos de fitolitos en forma de conos truncados (Fig. 4.20–22; Ct01, Ct02, Ct03, Ct07 y Ct10) y fitolitos originados en elementos de conducción (TRACHEIDS, Du04).

La sección media (JEII) se compone por las asociaciones fitolíticas con mayor cantidad y diversidad de microfitolitos del perfil, siendo la muestra 4375 la que mejor evidencia esta característica de la secuencia. Sedimentológicamente, JEII se caracteriza por estratos arenosos lo cual explicaría, en parte, el motivo de su mayor cantidad y diversidad fitolítica. En esta sección se destaca la presencia de morfotipos del tipo elongados, poliédricos, aguzados, irregulares, como también fitolitos globulares de superficie espinosa y globular de superficie lisa o suavemente rugosa. Cabe destacar que los fitolitos bilobados, en especial los tipos panicoides (Ha01, Ha03, Ha05 y Ha14), al igual que los de forma de silla de montar colapsada (Sm06) se presentaron de manera frecuente en las muestras superiores, y en menor cantidad los de forma de silla de montar chloridoides (Sm01 y Sm05); mientras que fitolitos polilobados fueron constantes en todas las muestras.

La sección basal del perfil (JEIII), se distingue por un marcado descenso de abundancia y diversidad de morfotipos, presentando asociaciones composicionales entre la muestra de textura arenosa y de la clasto-soportada inferior (4378–4379 y 4380–4381, con una mayor diversidad en estas últimas). Su composición fitolítica se caracteriza por morfotipos elongados, poliédricos, flabeliformes e irregulares podostemoides, y un escaso recuento de morfotipos del tipo de silla de montar, fitolitos globulares de superficie lisa/rugosa y fitolitos bilobados; siendo las sillas de montar

colapsadas exclusivas de las muestras inferiores, al igual que los halterios polilobados y los fitolitos globulares de superficie espinosa.

En forma comparativa la distribución de los morfotipos a lo largo del perfil, en las secciones JEI y JEII se encuentran la mayor frecuencia de elementos bilobados conjuntamente con los polilobados y las cruces (cross, Ch), que en su mayoría poseen afinidad panicoide, mientras que las sillas de montar se presentaron principalmente en la muestra 4370, 4380 y JEII, siendo las de tipo chloridoides las presentes en muestras superiores y bambusoides hacia las muestras basales del perfil. Los morfotipos globulares de superficie lisa, granular o rugosas afines a especies dicotiledóneas leñosas, se encontraron en muestras correspondientes a JEI y JEII; con este mismo patrón, aunque de manera menos frecuente, lo hicieron los fitolitos globulares de superficie espinosa de los tipos arecoides. En cuanto a los morfotipos con forma de conos truncados, resultaron escasos en la JEI (principalmente en la muestra arenosa 4370). Los elementos en forma de bote (Fig. 4.27) de afinidad pooide se

Figura 4. Principales morfotipos fitolíticos presentes en el perfil José Etchepare Hijo. **1–2,** flabelos; **3–5,** fitolitos irregulares; **6–8,** fitolitos poliédricos; **9,** elemento aguzado; **10–12,** fitolitos globulares de superficie espinosa; **13–15,** fitolitos globulares de superficie lisa, granular o rugosa; **16–19,** fitolitos en forma de silla de montar colapsada; **20–22,** elementos en forma de conos truncados; **23–26,** diferentes tipos de bilobados; **27,** fitolito en forma de bote. Escala gráfica en 4= 20 µm (válida para **1–9**); en 28= 10 µm (válida para **10–27**).

contabilizaron en JEII, como también, en muestras 4380 y 4381 de la JEIII. Entre los fitolitos diagnósticos de podostemáceas, morfotipos irregulares y aguzados se observaron de manera frecuente en JEII. Fitolitos con afinidad graminoide como elongados, poliédricos y flabelos, son frecuentes en las secciones JEI y JEII, esta última con un mayor número de morfotipos, en tanto se denota una marcada disminución de su abundancia relativa en las muestras correspondientes a JEIII. Fitolitos de contorno festoneados lobulados fueron frecuentes en la muestra superior 4370.

El análisis de agrupamiento de las asociaciones (Fig. 5) permitió establecer la vinculación de la muestra 4375 correspondiente al grupo JEII con JEIII (asociaciones fitolíticas de las muestras 4378–4381), este patrón se puede interpretar en función de las asociaciones fitolíticas caracterizadas por morfotipos aguzados, poliédricos, flabelos, globulares de superficie lisa, granular o rugosa y globulares de superficie espinosa, fitolitos elongados, prismáticos cortos, morfotipos del tipo sillas de montar colapsadas y fitolitos irregulares.

Descripción fitolítica de los perfiles Salvia y Concordia

En cuanto a los perfiles estudiados por Patterer (2015), el perfil Salvia presentó una mayor cantidad y diversidad de morfotipos en la sección superior del perfil y en un estrato basal de 20 cm de espesor. En la sección superior, las asociaciones fitolíticas presentan gran cantidad de fitolitos elongados, poliédricos y flabeliformes de afinidad graminoide, al igual que morfotipos aguzados y los irregulares de podostemáceas, fitolitos globulares diagnóstico de arecoides y de dicotiledóneas leñosas; además fitolitos de forma oblonga y crenada, también se encuentran de manera frecuente en esta sección. Mientras que los fitolitos bilobados y en forma de cruces con afinidad panicoides fueron exclusivos de la sección superior. Por su parte, la sección basal se caracterizó por morfotipos graminoides como elongados, flabelos y poliédricos, y fitolitos originados de elementos de conducción.

El perfil Concordia se caracterizó por una mayor cantidad de morfotipos en la sección media-superior donde se contabilizaron fitolitos de afinidad graminoide como elongados, flabeliformes e irregulares de afinidad podostemácea, todos ellos con un importante desgaste superficial. Mientras que en las muestras subyacentes se observó una mayor diversidad de morfotipos, tanto los de mayor tamaño o macrofitolitos, como aquellos más pequeños.

En la sección inferior del perfil Concordia se observaron de modo frecuente fitolitos poliédricos, elongados, flabelos y aguzados, como así también, globulares tanto de afinidad arecoide, como los de superficie lisa, granular o rugosa afín a especies dicotiledóneas leñosas, y fitolitos en forma de sillas de montar colapsadas con afinidad bambusoide, además de fitolitos bilobados de afinidad panicoide, que se registran de modo muy frecuente.

Análisis fitolítico comparativo de la Formación San Salvador

Teniendo en cuenta el total de las muestras procesadas en los perfiles sedimentológicos (66) relevados en la Formación San Salvador —Perfil José Etchepare Hijo y los estudiados por Patterer (2015), Salvia y Concordia—, el 53,03% resultó estadísticamente considerable para el estudio por el abundante recuento de morfotipos. Partiendo de que el 81% de estas resultaron arenas y clasto matriz soportadas, las muestras arenosas presentaron un 52,12% de fertilidad (27,75% sobre el total de muestras), mientras que las clasto matriz soportadas un 18,18% (16,66% sobre el total de muestras). Por su parte, las muestras de granulometrías finas, como las limosas se presentaron fértiles en su totalidad y las arcillosas lo hicieron en un 50%.

Si bien Patterer *et al.* (2016) han demostrado, de acuerdo a la composición granométrica de los sedimentos, como establecer muestras estadísticamente comparativas, se planteó la necesidad de analizar si composicionalmente estas muestras no presentaban un sesgo, ya sea por ambiente o agente depositacional, como así también, por la vegetación productora y área de influencia. Para ello se realizó un análisis discriminante de las asociaciones fitolíticas considerando la granulometría de las muestras (Fig. 6.1). En donde se puede observar una clara diferenciación composicional de las muestras clasto matriz soportada de las areno-limosas y de las finas, lo que evidencia una influencia depositacional en su composición.

Por otra parte, se analizaron composicionalmente las asociaciones fitolíticas mediante el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS; Fig. 6.2) sin

Figura 5. Diagrama fitolítico del perfil José Etchepare Hijo, con el resultado del análisis multivariado Constrained Incremental Sum of cluster analysis (CONISS) y rarefacción de estas asociaciones. Valores (en recuentos): color verde, Gramíneas (Poaceae); color rojo, Dicotiledóneas leñosas; color azul, Arecaceae; color gris, Podostemaceae; color amarillo, No diagnósticos. Agrupamiento CONISS de acuerdo a la abundancia de morfotipos: José Etchepare Hijo I (**JEI**): Muestras 4370–4374; José Etchepare Hijo II (**JEII**): Muestras 4375–4377; José Etchepare Hijo III (**JEIII**): Muestras 4378–4381.

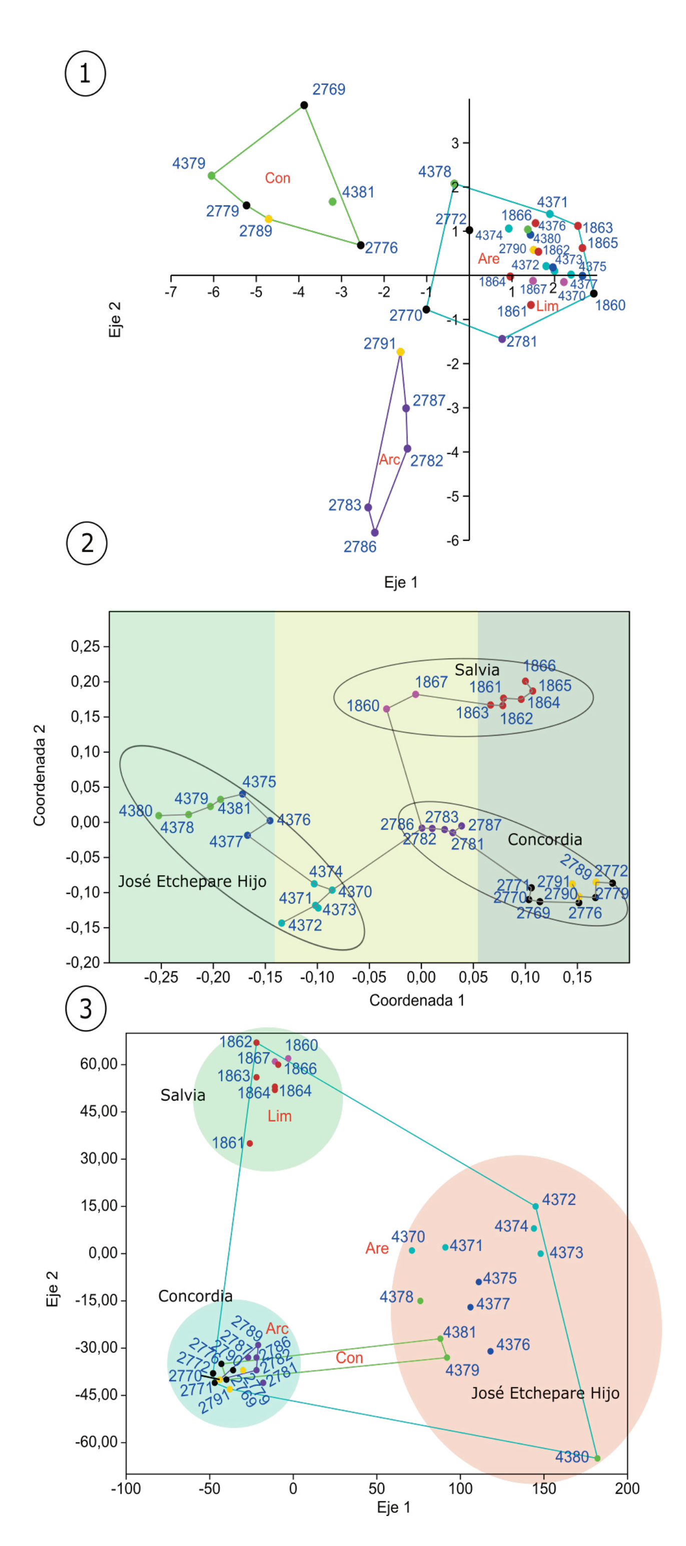


Figura 6. Análisis estadísticos multivariados de los Perfiles Salvia, Concordia y José Etchepare Hijo. **1,** Análisis discriminante de las abundancias fitolíticas. **2,** Análisis de las asociaciones fitolíticas mediante escalamiento multidimensional no métrico. **3,** Análisis de correspondencia de las abundancias fitolíticas.

incluir factores depositacionales o ambientales. Este análisis permitió observar una afinidad de los niveles superiores del perfil José Etchepare Hijo (JEI) con los niveles superiores del perfil Salvia y sección intermedia del Concordia de muestras de textura fina. Por otro lado, se diferencian los niveles superiores e inferiores del perfil Concordia, como así también, las muestras arenosas medias del perfil Salvia. Por último, las asociaciones fitolíticas de las secciones JEII y JEIII poseen una diversidad claramente diferenciada de las muestras procedentes de JEI y los perfiles Salvia y Concordia. Lo antedicho demuestra que la composición fitolítica para cada nivel es principalmente reflejo de la composición florística, no obstante, la textura litológica de las muestras, esto es su ambiente de depositación, también influye aunque de menor medida, en la selección de morfotipos. Con la finalidad de contrastar ambos resultados se realizó un análisis de correspondencia (AC; Fig. 6.3) de las asociaciones fitolíticas de los tres perfiles, considerando la abundancia relativa, composición y tipo de textura en cada muestra.

Los resultados de este análisis demuestran que las asociaciones con mayor abundancia y diversidad de morfotipos se encuentran estrechamente vinculadas entre sí por la composición sedimentaria caracterizada por ser no conglomerádicas; siendo coincidentes con la presencia de macrofitolitos como aguzados, flabelos, elongados y poliédricos, sin evidencia de desgaste en superficie y microfitolitos como bilobados, polilobados, conos truncados y fitolitos diagnósticos tales como cruces, sillas de montar, morfotipos globulares, elementos de conducción y fitolitos lobulares e irregulares. Mientras que las muestras clasto matriz soportadas se vinculan entre sí por poseer mayor abundancia de macrofitolitos, presentando una notoria evidencia de desgaste en superficie.

DISCUSIÓN

Interpretación botánica y paleoambiental

El registro sedimentológico de la Formación San Salvador indica la presencia de un ambiente depositacional de cauce y de llanura de inundación del río Uruguay (Iriondo y Kröhling, 2008); estas características litológicas se corroboran en los perfiles estudiados en el presente trabajo.

Los perfiles analizados presentaron estratos de gravas matriz soportadas, lo cual es característico de depósitos

provistos por una movilidad lateral del cauce que lleva una carga de fondo asociada a una alta energía. La presencia de estratos de gravas y estratos arenosos intercalados con la presencia de estructuras internas cruzadas, sugieren fluctuaciones en la descarga del canal (Steel y Thompson, 1983). Se interpreta que los estratos arenosos son depósitos de canal y los estratos de material más fino serían el resultado del depósito de llanuras de inundación o canales abandonados (Reading, 1996).

Las muestras sedimentarias con menor diversidad fitolítica presentaron una elevada concentración de morfotipos de mayor tamaño (macrofitolitos), que generalmente poseían superficies desgastadas. Por otro lado, composicionalmente estos elementos fueron de afinidad graminoides, tales como elongados, flabeliformes y poliédricos, y vale destacar que estas asociaciones fitolíticas se encontraban vinculadas a niveles litológicos de arenas gruesas con presencia de cantos rodados.

Los niveles con mayor abundancia y diversidad fitolítica consisten en fracciones que van de limos muy finos y arcillas hasta arenas medias a finas con una escasa presencia de cantos rodados. Los morfotipos de mayor tamaño como elongados, flabeliformes y poliédricos grandes presentan evidencias de abrasión, desgaste y hasta rotura de los cuerpos acorde a la energía del propio agente hídrico durante el proceso de transporte y depositación. Las células largas poseen un menor grado de silicificación y ofrecen una mayor superficie de exposición con respecto a células cortas y a elementos redondeados (Madella, 1997; Lancelotti, 2010). Por otra parte, existen morfotipos más sensibles a estos procesos, y además los mismos no suelen ser transportados a grandes distancias ya que son relativamente pesados. Los agentes de transporte pueden ser un factor importante en la conformación de las asociaciones fitolíticas (Madella y Lancelotti, 2012), sobre todo en ambientes con gran disponibilidad hídrica como lo son las zonas tropicales/subtropicales húmedas (Alexandre *et al.*, 1997). Este tipo de interpretaciones tafonómicas de los fitolitos ya ha sido propuesta en trabajos previos, en donde el sedimento presenta un origen netamente fluvial y de alta energía (Zucol *et al.*, 2005; Patterer, 2010, 2012, 2015; Patterer *et al.*, 2017, 2020).

A partir de estudios fitolíticos en muestras de depósitos fluviales, Patterer *et al.* (2020) concluyen que los morfotipos de mayor tamaño representan el material más alóctono o vinculado a la vegetación de un área mayor de contribución, que los fitolitos de menor tamaño. Por su parte, es posible que los microfitolitos provenientes de áreas distantes a un sitio de estudio sean destruidos durante su transporte o bien, como resultado de su tamaño, sean depositados en otros tramos de la cuenca acorde a la energía del agente de transporte. Por tal razón, es esperable que los morfotipos de menor tamaño representen asociaciones con mayor aporte local.

De este modo, la asociación de macro y microfitolitos y su estado de conservación permiten interpretar las características y dimensiones del área de aporte vegetacional. En los tres perfiles se observaron asociaciones con microfitolitos sin daños observables, como bilobados, en forma de conos truncados y de sillas de montar. En estas condiciones, se interpretan como depósito *in situ* de la vegetación local, con escaso transporte.

La Formación San Salvador se caracteriza por sedimentos asociados a un cuerpo de agua que transportaba mayores caudales que los actuales, esto pudo haber sido el resultado de un clima hiper-húmedo (Iriondo y Kröhling, 2008), por ello es esperable que los fitolitos presenten un grado considerable de rotura, daño o desgaste físico, propio del agente de transporte, y/o químicos asociados a procesos postdeposicionales como bioturbación y/o translocación (Osterrieth *et al.*, 2009). Del presente estudio se desprende que las muestras limo-arenosas son además de las más ricas (en abundancia y diversidad) en fitolitos, las que poseen un mayor aporte local, con elevadas abundancias relativas de microfitolitos, vale decir mayor información de la paleoflora local.

El perfil José Etchepare Hijo presentó una flora vinculada a depósitos de cauce caracterizada por un estrato herbáceo escaso y vegetación representativa de bosques ribereños densos, las muestras que albergan estos morfotipos corresponden a estratos de arenas medias a gruesas y clasto matriz soportado.

En cuanto a los perfiles estudiados por Patterer (2015), el perfil Salvia presentó una mayor cantidad y diversidad de

morfotipos en la sección superior del perfil, encontrándose mayor abundancia de macrofitolitos en estratos arenosos de granulometría fina a gruesa y en algunos casos con la presencia de gravas; en tanto el recuento de microfitolitos como bilobados y cruces fue exclusivo de estratos del tipo limo-arenosos.

En cuanto al perfil Concordia, muestras correspondientes a la sección media-superior se caracterizaron por una mayor abundancia y diversidad fitolítica, encontrándose en estratos arenosos de grano medio a fino y arcilloso, es por ello que en ambos perfiles el tipo de sedimento no conglomerádico indicaría un ambiente de cauce y llanura de inundación, y representa la impronta de vegetación autóctona dada por la mayor abundancia de microfitolitos. Por otra parte, Patterer (2015) observó en el perfil Concordia muestras de niveles gravosos con escasos fitolitos, en la que se destacaba la presencia de formas con mayor tamaño y en su mayoría con superficies desgastadas, principalmente de afinidad graminoide.

En lo que respecta a sus afinidades botánicas, las asociaciones fitolíticas de los perfiles José Etchepare Hijo, Salvia y Concordia, presentan morfotipos representativos de un estrato herbáceo caracterizado por fitolitos de afinidad graminoides (Twiss, 1992) del tipo panicoides, chloridoides y pooides. Por otro lado, fue recurrente la presencia de elementos característicos de un estrato arbóreo como los globulares de superficie lisa o levemente rugosa afín a plantas leñosas y de superficie espinosa afín a palmeras. Asociados a estos morfotipos, se presentaron fitolitos irregulares, diagnósticos de la familia Podostemaceae, plantas acuáticas que viven en rápidos y cascadas de ríos y arroyos, principalmente en zonas tropicales y subtropicales; en su mayoría en el continente americano, actualmente en el noreste de Argentina. Los fitolitos de estas plantas provienen de las células silíceas que se encuentran en los tejidos periféricos y que le permiten a las mismas soportar los choques mecánicos del agua a que están expuestas (Tur, 1987).

Los perfiles Salvia y Concordia presentaron además fitolitos afín a gramíneas danthonioides (Patterer, 2015). Por su parte los perfiles José Etchepare Hijo y Concordia incluyen, a las formas graminoides antes mencionadas, fitolitos del tipo silla de montar colapsada afín a gramíneas bambusoideas. Los morfotipos fueron descriptos por Piperno y Pearsall (1998) para las subtribus Guaduineae y Chusqueineae, los cuales han sido utilizados como indicadores de bambúes en la Gran Llanura Americana (Strömberg, 2004), como así también en Argentina, para la caracterización de los bosques misioneros en el Parque Nacional Iguazú (Montti *et al.*, 2009). Los elementos bambusoides fueron importantes a nivel global en las paleocomunidades desarrolladas durante el Cenozoico tardío. En particular, en el ámbito de la Cuenca del río Uruguay, Brea y Zucol (2007) describen una caña permineralizada que fue asignada a *Guadua zuloagae* para la Formación Ituzaingó (Mioceno–Pleistoceno). Brea *et al.* (2013) describen para la misma formación, el segundo registro fósil, *Guadua morronei*. En tanto, Patterer (2015) detalla la presencia de cuerpos silíceos de morfotipos con afinidad bambusoidea para la Formación San Salvador. Las bambusoideas crecen en asociación con árboles o arbustos por lo general en bosques cálidos, selvas tropicales templadas o, si son herbáceas, en el sotobosque sombreado, también a lo largo de arroyos en climas cálidos de zonas tropicales y subtropicales del mundo (Calderón y Soderstrom, 1980).

Los perfiles Concordia y José Etchepare Hijo presentaron un estrato herbáceo de espacios abiertos escaso, caracterizado por gramíneas bambusoideas, y poca representatividad de los grupos panicoides y chloridoides. Los silicofitolitos observados caracterizan un estrato arbóreo de bosques estratificados representado por palmeras y angiospermas dicotiledóneas y un estrato intermedio o sotobosque de cañas leñosas bambusoideas. Plantas acuáticas podostemáceas estarían acompañando la vegetación en un sistema de canales de alta energía.

Por su parte en el perfil Salvia se destaca un estrato arbóreo de angiospermas dicotiledóneas y palmeras acompañado por una mayor cantidad y diversidad de elementos graminoides herbáceos de vegetación abierta, asociado a Podostemaceae. Estos elementos indicarían un ambiente boscoso desarrollado en cercanías a cursos de agua, con un estrato arbóreo compuesto de elementos higrófilos y palmares, que poseían espacios abiertos ocupados por gramíneas meso y megatérmicas. La presencia de las plantas acuáticas podostemáceas sugieren que los cursos de agua habrían tenido una energía relativamente alta (Patterer, 2015).

En base a las familias y subfamilias recién detalladas, a modo de síntesis se interpreta que las asociaciones fitolíticas descritas en los perfiles caracterizan a un bosque higrófilo, conformado por más de un estrato vertical desarrollado en un ambiente hiperhúmedo y cálido con asociación a cuerpos de agua enérgicos y sus arroyos tributarios aledaños.

Siguiendo la interpretación de Patterer (2015), donde la Formación San Salvador representa un gran paleocauce meándrico (Iriondo y Kröhling, 2008), en el momento de la depositación de los sedimentos, el cauce principal trabajaba sobre una amplia faja fluvial en la que se debieron ver involucrados varios ambientes de depositación. Por lo tanto, la diferencia entre las asociaciones fitolíticas del perfil José Etchepare Hijo con el perfil Salvia, y la similitud con el perfil Concordia se estima que se debe a la existencia de una variedad de ambientes que pueden albergar diferentes paleocomunidades vegetales a lo largo del paisaje.

CONCLUSIONES

La Formación San Salvador (Plioceno–Pleistoceno Inferior) desde el punto de vista paleontológico ha sido descripta por Patterer (2015) mediante su contenido fitolítico exclusivamente, dichos antecedentes paleobotánicos indican una paleoflora con requerimientos climáticos cálidos y húmedos, con un importante aporte hídrico. Estas inferencias ambientales son coincidentes con las propuestas a partir de los estudios geológicos y sedimentológicos previos en Entre Ríos por Iriondo y Kröhling (2007, 2008) y Brunetto *et al.* (2019). La presente contribución comprende la síntesis y ampliación de estos conocimientos mediante la incorporación de los resultados del estudio fitolítico del perfil José Etchepare Hijo. Éste presenta un nuevo aporte al registro fósil con relevancia de las familias Arecaceae, Poaceae (Subfamilias: Bambusoideae, Panicoideae, Pooideae y Chloridoideae) y Podostemaceae. Las asociaciones fitolíticas descriptas para el Perfil José Etchepare Hijo sugieren el desarrollo de paleocomunidades de bosques higrófilos estratificados, palmares y bosques en galería. El análisis conjunto de los tres perfiles ha permitido inferir el desarrollo de un bosque ribereño denso con escasos espacios abiertos ocupados por un estrato herbáceo en los perfiles Concordia y José Etchepare Hijo; y un estrato arbóreo compuesto por elementos higrófilos y palmares con abundantes espacios abiertos ocupados por gramíneas meso y megatérmicas en el perfil Salvia. Estas interpretaciones indican un clima tropical-subtropical húmedo, con una gran disponibilidad hídrica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los dueños y encargados de cantera La Chola por permitir el ingreso a la misma. Al Dr. Esteban Passeggi, por su trabajo en el campo realizando el arduo muestreo en depósitos fluviales y por cooperar en el procesamiento de las muestras sedimentarias. Al Comité Editorial de PE-APA y a los revisores anónimos cuyas observaciones y sugerencias contribuyeron a mejorar el manuscrito. Este trabajo fue subsidiado por el Proyecto PICT 2015-221.

REFERENCIAS

Alexandre, A., Meunier, J. D., Colin, F. y Koud, J. M. (1997). Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *61*, 677–682.

Bertoldi de Pomar, H. (1971). Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana*, *8*, 317–328.

Bertoldi de Pomar, H. (1972). Ópalo Organógeno en Sedimentos Superficiales de la Llanura Santafesina. *Ameghiniana*, *9*, 265–279.

Bertoldi de Pomar, H. (1975). Los silicofitolitos: Sinopsis de su conocimiento. *Darwiniana*, *19*, 173–206.

Bertoldi de Pomar, H. y Tur, N. M. (1970). Células silicificadas en gramíneas acuáticas. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, *1*,17–18.

Blecker, S. W., McCulley, R. L., Chadwick, O. A., y Kelly, E. F. (2006). Biologic cycling of silica across a grassland bioclimosequence. *Global Biogeochemical Cycles*, *20*, 1–11.

Blinnikov, S. I., Nadyozhin, D. K., Woosley, S. E. y Sorokina, E. I. (2002). En W. Hillebrandt y E. Muller, (Eds.), *Nuclear Astrophysics Shock Breakouts in SNe Ib/c* (pp. 144). Springer-Verlag.

Brea, M. (1998). *Ulminium mucilaginosum* n.sp. y *Ulminium artabeae* n.sp., dos leños fósiles de Lauraceae en sedimentos de la Formación El Palmar, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana*, *35*(2), 193–204.

Brea, M. (1999). Leños fósiles de Anacardiaceae y Mimosaceae de la Formación El Palmar (Pleistoceno superior), del Departamento Concordia, provincia de Entre Ríos. *Ameghiniana*, *36*(1), 63–69.

Brea, M., Aceñolaza, P. G. y Zucol, A. F. (2001). Estudio paleoxilológico en la Formación Paraná, Entre Ríos, Argentina. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación especial 8. 11º Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología* (pp. 7–17). Buenos Aires.

Brea, M., Franco, M. J. y Lutz, A. I. (2012). Redescription and reassignment of *Entrerrioxylon victoriensis* from the Upper Miocene, Paraná Formation, South America. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *185*, 13–25.

Brea, M. y Zucol, A. F. (2007). *Guadua zuloagae* nov. sp., The first petrified Bamboo record from Ituzaingó Formation (Middle Pliocene), Paraná basin, Argentina. *Annals of Botany*, *100*(4), 711–723.

Brea, M. y Zucol, A. F. (2011). The Paraná-Paraguay Basin: Geology and Paleoenvironments. En J. Albert y R. Reis (Eds.), *Historical Biogeography of Neotropical Fresh Water Fishes* (pp. 69–87).

University of California Press.

Brea, M., Zucol, A. F. y Franco, M. J. (2013). A new Bambusoideae (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae) from the Ituzaingó Formation (Pliocene–Pleistocene), Entre Ríos, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *192*, 1–9.

Brea, M., Zucol, A. F. y Patterer, N. I. (2010). Fossil woods from late Pleistocene sediments from then El Palmar Formation, Uruguay Basin, Eastern Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *163*, 35–51.

Brunetto, E., Zucol, A. F., Schmidt, G, I., Noriega, J. I., Patterer, N. I., Brea, M. y Franco, M. J. (2019). Estratigrafía del Plioceno de la Mesopotamia argentina. En N. Nasif, G. Esteban, J. Chiesa, A. Zurita y S. Georgieff (Eds.), *Mioceno al Pleistoceno del centro y norte de Argentina* (Vol. 52, pp. 266–268). Opera lilloana.

Calderón, C. E. y Soderstrom, T. R. (1980). The genera of Bambusoideae (Poaceae) of the American continent: Keys and comments. *Smithsonian Contributions to Botany*, *44*, 1–27.

Carter, J. A. (2002). Phytolith analysis and paleoenvironmental reconstruction from Lake Poukawa Core, Hawkes Bay, New Zealand. *Global and Planetary Change*, *33*, 257–267.

Collura, L. V. y Neumann, K. (2016). Wood and bark phytoliths of West African woody plants. *Quaternary International*, *434*, 142–159.

Delhon, C., Alexandre, A., Berger, J., Thiebault, S., Brochier, J. y Meunier, J. (2003). Phytolith assemblages as a promising tool for reconstructing Mediterranean Holocene Vegetation. *Quaternary Research*, *59*(1), 48–60.

Ehrenberg, C. G. (1854). *Mikrogeologie*. Leopold Voss. Leipzig.

Ferrero, B., Patterer, N. I., Brunetto, E., Ramos, S. R., Noriega, I. J., Moya, E., Peralta, M. J., Zucol, A. F., Franco, M. J y Brea, M. (2019). El registro paleontológico del Pleistoceno de la provincia de Entre Ríos (Argentina). En N. Nasif, G. Esteban, J. Chiesa, A. Zurita y S. Georgieff (Eds.), *Mioceno al Pleistoceno del centro y norte de Argentina* (Vol. 52, pp. 490–519). Opera lilloana.

Franco, M. J. (2009). Leños fósiles de Anacardiaceae en la Formación Ituzaingó (Plioceno), Toma Vieja, Paraná, Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana*, *46*, 587–604.

Franco, M. J. (2010). *Soroceaxylon entrerriensis* gen. et sp. nov. (Moraceae) de la Formación Ituzaingó (Plioceno–Pleistoceno), Cuenca del Río Paraná, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, *27*, 508–519.

Franco, M. J. (2011). *Estudios paleobotánicos de la Formación Ituzaingó (Plioceno–Pleistoceno), Cuenca del Río Paraná, Argentina.* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba].

Franco, M. J. (2012). Maderas fósiles de Lauraceae de la Formación Ituzaingó (Plioceno–Pleistoceno), cuenca del río Paraná, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n.s, *14*, 307–324.

Franco, M. J. (2014). Estípites de Arecaceae en la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno), Entre Ríos, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, *26*(1), 14–29.

Franco, M. J. (2017). Small Celastraceae and Polygonaceae twigs from the Upper Cenozoic (Ituzaingó Formation) of the La Plata Basin, Argentina. *Historical Biology*, *4*, 1–15.

Franco, M. J. y Brea, M. (2008). Leños fósiles de la Formación Paraná (Mioceno medio), Toma Vieja, Paraná, Entre Ríos, Argentina: Registro de bosques secos mixtos. *Ameghiniana*, *45*, 699–718.

Franco, M. J. y Brea, M. (2010). *Microlobiusxylon paranaensis* gen. nov. et sp. nov. (Fabaceae- Mimosoideae) from the Pliocene-Pleistocene of Ituzaingó Formation, Paraná Basin Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología*, *13*, 103–114.

Franco, M. J. y Brea, M. (2013). Leños fósiles de leguminosas de la Formación Ituzaingó, Entre Ríos, Argentina: Implicancias paleoecológicas y paleobiogeográficas. *Ameghiniana*, *50*(2), 167–191.

Franco, M. J. y Brea, M. (2015). First extra-Patagonian record of Podocarpaceae fossil wood in the Upper Cenozoic (Ituzaingó Formation) of Argentina. *New Zealand Journal of Botany*, *53*, 103–116.

Franco, M. J., Moya, E., Brea, M. y Martínez Martínez, C. (2019). *Astroniumxylon*, *Schinopsixylon*, and *Parametopioxylon* n. gen. Fossil woods from upper Cenozoic of Argentina: taxonomic revision, new taxón and new records. *Journal of Paleontology*, *95*, 185–201.

Fredlund, G. G. y Tieszen, L. T. (1994). Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *Journal Biogeography*, *21*, 321–335.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2007). PAST – Palaeontological STatistics, 1.75. 86pp.

Iriarte, J. (2006). Vegetation and climate changes since 14,810 14C yr B.P. in southeastern Uruguay and implications for the rise of early Formative societies. *Quaternary Research*, *65*(1), 20–32.

Iriarte, J. y Paz, E. A. (2009). Phytolith analysis of selected native plants and modern soils from southeastern Uruguay and its implications for paleoenvironmental and archeological reconstruction. *Quaternary International*, *193*(1), 99–23.

Iriondo, M. H. (1980). El cuaternario de Entre Ríos. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, *11*, 125–141.

Iriondo, M. H. (1996). Estratigrafía del Cuaternario de la Cuenca del río Uruguay. *13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, *Actas*, *4*, (pp. 15–25). Buenos Aires.

Iriondo, M. H. y Kröhling, D. (2007). La Formación El Palmar (Informalmente Fm Salto Chico) y el Acuífero San Salvador, Entre Ríos. *5° Congreso Argentino de Hidrogeología 16–19 de octubre* (pp. 433–441). Paraná, Entre Ríos, Argentina.

Iriondo, M. H. y Kröhling, D. (2008). Cambios ambientales en la cuenca del Uruguay (desde el Presente hasta dos millones de años atrás). *Colección Ciencia y Técnica, Universidad Nacional del Litoral* (pp. 330). Santa Fe.

Iriondo, M. H., Kröhling, D. y Bidegain, J. (2000). The Quaternary of SW Entre Ríos- Argentina. *31° International Geological Congress. Abstracts.* Río de Janeiro.

Kaczorek, D., Puppe, D., Busse, J. y Sommer, M. (2019). Effects of phytolith distribution and characteristics on extractable silicon fractions in soils under different vegetation – An exploratory study on loess. *Geoderma*, *356*, 113917.

Kondo, R., Child, C. y Atkinson, I. (1994). *Opal phytoliths of New Zealand* (pp. 85). Maanaki Whenua Press.

Kröhling, D. (2001). Quaternary loess-paleosol sequence of southwestern Entre Ríos Province, Northern Pampa, Argentina. *6° International Symposium and field workshop on paleopedology. Universidad Nacional Autónoma de México* (pp. 27–28). México.

Lancelotti, C. (2010). *Fuelling Harappan Hearths: Humane Environment Interactions as Revealed by Fuel Exploitation and Use*. [Unpublished PhD Dissertation, Department of Archaeology, University of Cambridge, Cambridge].

Lu, H. y Liu, K. B. (2003). Phytolihts in common grasses in the coastal environments of southeastern USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *58*, 587–600.

Lu, H., Wu, N. y Nie, G. (1995). Discovery of bamboo phytolith in the loess-paleosol sequences of Guanzhong Basin, Shaanxi Province. *Chinese Science Bulletin*, *40*(5), 405–409.

Madella, M. (1997). Phytolith analysis from the Indus Valley site of Kot Diji, Sindh, Pakistan. En A. Sinclair, E. Slater y J. Gowlett.

(Eds.), *Archaeological Sciences, Oxbow* (pp. 294–302). Oxford.

Madella, M. y Lancelotti, C. (2012). Taphonomy and phytoliths: A user manual. *Quaternary International*, *275*, 76–83.

Madella, M., Alexandre, A. y Terry, B. (2005). International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany*, *96*(2), 253–360.

Meunier, J. D., Colin, F., Alarcon, C. (1999). Biogenic silica storage in soils. *Geology*, *27*, 835–838.

Montti, L., Fernández Honaine, M., Osterrieth, M. y Graciano Ribeiro, D. (2009). Phytolith analysis of Chusquea ramosissima Lindm. (Poaceae: Bambusoideae) and associated soils. *Quaternary International*, *193*, 80–89.

Moya, E. y Brea, M. (2015). A new record of fossil wood of Vochysiaceae from the Late Pleistocene (Arroyo Feliciano Formation), Argentina, South America. *Revista Brasileira de Paleontologia*, *1*, 83–90.

Moya, E. y Brea, M. (2018). First Pleistocene record of fossil wood of Bignoniaceae in the Americas and a comparison with the extant Tabebuia alliance and Tecomeae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *187*, 303–318.

Moya, E., Brea, M. y Franco, M. J. (2015). First record of Styracoxylon (Styracaceae) from Southern Hemisphere: Arroyo Feliciano Formation (Upper Pleistocene), Entre Ríos, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *221*, 211–219.

Mulholland, S. C. (1989). Phytolith shape frequencies in North Dakota grasses: a comparison to general patterns. Journal Archaeology Science, *16*, 489–511.

Nalepka, D. y Walanus, A. (2003). Data processing in pollen analysis. *Acta Paleobotánica*, *43*, 125–134.

Neumann, K., Strömberg, C. A. E., Ball, T., Albert, R. M., Vrydagh, L. y Scott Cumming, L. (2019). International code for phytolith nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany*. Oxford, *20*, 1–11.

Osterrieth, M., Madella, M., Zurro, D. y Álvarez, M. F. (2009). Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. *Quaternary International*, *193*, 70–79.

Parr, J. F. y Sullivan, L. A. (2005). Soil carbon sequestration in phytoliths. *Soil Biology and Biochemistry*, *37*, 117–124.

Patterer, N. I. (2010). Resultados preliminares del análisis fitolítico en facies fluviales de la Formación El Palmar (Pleistoceno Superior), en la cuenca del río Uruguay, Argentina. *10º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 7º Congreso Latinoamericano de Paleontología.* (pp. 329). La Plata, Buenos Aires.

Patterer, N. I. (2012). Análisis Fitolíticos de la Formación El Palmar (Pleistoceno superior) en la cuenca del río Uruguay (Este de Argentina). [Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba].

Patterer, N. I. (2014). Análisis fitolíticos de las principales especies de palmeras (Arecaceae) presentes en regiones subtropicales de América del Sur. *Boletín. Sociedad. Argentina de Botánica*, *49*(4), 491–502.

Patterer, N. I. (2015). Análisis fitolíticos de la Formación San Salvador (Plioceno- Pleistoceno inferior) en la cuenca del río Uruguay, Entre Ríos, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, *72*, 332–344.

Patterer, N. I. (2017). Primer registro paleobotánico del perfil tipo de la Formación Salto Ander Egg (Pleistoceno Tardío), Sudoeste de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina. Resúmenes* (pp. 61). San Luis, Argentina.

Patterer, N. I., Kröhling, D., Passeggi, E., Zucol A. F. y Brea, M. (2012). Análisis Fitolíticos en Sedimentos Fluviales Cuaternarios (Formaciones San Salvador y El Palmar) del río Uruguay, Este de Argentina. *Trabajos extendidos. 3º Jornadas del Cenozoico* (pp. 5). Montevideo, Uruguay.

Patterer, N. I., Passeggi, E. y Zucol, A. F. (2011). Análisis fitolíticos de suelos del sudoeste de la Provincia de Entre Ríos (Argentina) como una herramienta para comprender sus procesos pedológicos. *Revista Mexicana De Ciencias Geológicas*, *28*(1), 132–146.

Patterer, N. I., Passeggi, E., Zucol, A. F. y Zappala, F. (2016). Técnicas de muestreo y procesamiento para la obtención de microrestos en muestras sedimentarias fluviales. Caso de estudio: Formación El Palmar. En A.F. Zucol, N.I. Patterer, M.M. Colobig y E. Moya (Eds.), *Taller Micropaleoetnobotánica Relevancia de una Red Interdisciplinaria de Investigaciones en Fitolitos y Almidones. Libro de Resúmenes* (pp. 31-37).

Patterer, N. I., Zucol, A. F. y Brea, M. (2014). Análisis fitolítico del perfil sedimentario Los Loros, de la Formación El Palmar (Pleistoceno Superior), en el Parque Nacional El Palmar, Entre Ríos, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, *26*(1), 53–62.

Patterer, N. I., Zucol, A. F., Fernández Pepi, M. G. y Brea, M. (2019). Plant and soil phytolith analysis of a relictual community of Butia yatay in temperate-humid savannas (Entre Ríos, Argentina). *Quaternary International*, *525*, 126–139.

Patterer, N. I., Zucol, A. F. y Kröhling, D. M. (2020). Phytolith analysis in Quaternary fluvial deposits (El Palmar Formation- Late Pleistocene) of the Uruguay River valley, Entre Ríos province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, *100*, 2–12.

Patterer, N. I., Zucol A. F. y Passeggi, E. (2017). Análisis fitolíticos en suelos formados sobre antiguas terrazas del Río Uruguay (Colón, Entre Ríos): primera evidencia de retracción de los palmares de Butia yatay (Mart.) Becc. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, *17*(1), 1–13.

Piperno, D. R. (1988). Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective, San Diego (pp. 280). Academic Press.

Piperno, D. R. y Pearsall, D. M. (1998). The origins of agriculture in lowland tropics, San Diego. Academic Press.

Ramos, R. S. (2014). Análisis paleoecológico preliminar de la flora dela Formación El Palmar (Pleistoceno Tardío), Entre Ríos, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, *26*(1), 63–74.

Ramos, R. S., Brea, M. y Kröhling, D. M. (2012). Leños fósiles de la Formación El Palmar (Pleistoceno Tardío) en el parque Nacional El Palmar, Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana*, *49*(4), 606–622.

Ramos, R. S., Brea, M. y Kröhling, D. M. (2015). Primer registro de Cryptocaryoxylon Leisman, una Lauraceae de la Formación El Palmar (Pleistoceno tardío), Entre Ríos, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, *17*(1), 59–70.

Ramos, R. S., Brea, M. y Kröhling, D. (2017a). Fossil woods of Detarioideae Subfamily (Fabaceae) from El Palmar Formation (Late Pleistocene) in South America. *Journal of South American Earth Sciences*, *79*, 202–214.

Ramos, R. S., Brea, M. y Kröhling, D. (2017b). Malvaceous wood from the Late Pleistocene El Palmar Formation of northeastern Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *246*, 232–241.

Ramos, R. S., Brea, M. y Pardo, A. R. (2014). Fossil wood of Peltophoroxylon (Caesalpinioideae) from the El Palmar Formation (late Pleistocene), Argentina. *IAWA Journal*, *35*(2), 199–212.

Reading, H. G. (1996). *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Third edition.* Wiley-Blackwell.

Runge, F. (1999). The opal phytolith inventory of soils in central Africa —quantities, shapes, classification, and spectra. *Review Palaeobotany and Palynolinology*, *107*, 23–53.

Steel, R. J. y Thompson, D. B. (1983). Structures and textures in

Triassic braided stream conglomerates ('Bunter' Pebble Beds) in the Sherwood Sandstone Group, North Staffordshire, England. *Sedimentology*, *30*, 341–367.

Strömberg, C. A. E. (2004). Using phytolith assemblages to reconstruct the origin and spread of grass- dominated habitats in the Great Plains of North America during the late Eocene to early Miocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *207*(3–4), 239–275.

Tur, N. M. (1987). Podostemaceae. En N. S. Troncoso y N. M. Bacigalupo (Eds.), Fl. Il. Entre Ríos, *Colección Científica Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, *6*(3), 43–54.

Twiss, P. C. (1992). Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. En G. Rapp Jr y S. C. Mulholland (Eds.), *Phytolith Systematics Emerging Issues: Advances in Archaelogical and Museum Science* (pp. 113–128). Springer.

Twiss, P. C., Suess, E. y Smith, R. M. (1969). Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings*, *33*, 109–115.

Walanus, A. y Nalepka, D. (2000). PolPal, *counting pollen, tables storage and diagrams plotting*. System manual. Polish academy of Sciences, W. Szafer institute of Botany, Cracovia.

Zucol, A. F. (1992). Microfitolitos: I. Antecedentes y terminología. *Ameghiniana*, *29*(4), 353–362.

Zucol, A. F. (1996). Microfitolitos de las Poaceae argentinas: I. Microfitolitos foliares de algunas especies del género Stipa (Stipeae: Arundinoideae), de la Provincia de Entre Ríos. *Darwiniana*, *34*, 151–172.

Zucol, A. F. y Brea, M. (2000). Análisis fitolítico de la Formación Paraná en la Provincia de Entre Ríos. En F. G. R. Aceñolaza y R. Herbst (Eds.), *El Neógeno de Argentina. Serie Correlación Geológica 14* (pp. 67–76). Argentina.

Zucol, A. F., Brea, M., Passeggi, E. y Franco, M. J. (2014). Colecciones del laboratorio de paleobotánica y procesamiento de material sedimentario del CICYTTP- Diamante (CONICET), Entre Ríos, Argentina. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología*, *14*, 71–82.

Zucol, A. F., Brea, M. y Scopel, A. (2005). First record of fossil Word and phytolith assemblages of the Late Pleistocene in El Palmar Nacional Park (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, *20*, 33–43.

Zucol, A. F., Passeggi, E., Brea, M., Patterer, N. I., Fernández Pepi, M. G. y Colobig, M. M. (2010). Phytolith analysis for the patrok aike lake drilling proyect: sample treatment protocols for the pasado microfossil manual. En H. Corbella y N. I. Maidana (Eds.), *1° Reunión Internodos del Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral y 1° Workshop Argentino del Proyecto Potrok Aike Maar Lake Sediment Archive Drilling Project*, Proyecto Editorial PIPA (pp. 81–84). Buenos Aires, Argentina.

Zucol, A. F., Patterer N. I., Leiva, H., Brea M. y Passeggi, E. (2016). Caracterización fitolítica de la Formación Arroyo Feliciano (Pleistoceno Superior) en la Localidad de Paso Duarte, Entre Ríos, Argentina. *Publicación electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina (PE-APA)*, *16*, 52–63.

doi: 10.5710/PEAPA.29.06.2021.383

Recibido: 4 de enero 2021
Aceptado: 29 de junio 2021
Publicado: 8 de septiembre 2021

